

# ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ВИДОВ СТАЛИ В ПРОДУКЦИИ ВОЛОЧЕННЫХ ИЗДЕЛИЙ

## THE POSSIBILITY OF USE NEW GRADES OF STEELS FOR DRAWING PRODUCTS

МУСКАЛЬСКИЙ ЗБИГНЕВ ГЕНРИХОВИЧ, ПИЛАРЧИК ЯН ИВАНОВИЧ, ВЕВЮРОВСКА СИЛЬВИЯ  
БОГДАНОВНА

Ченстоховский технологический университет  
Институт обработки металлов давлением и инженерии безопасности  
Ал. Армии Крайовой 19, 42-200 Ченстохова, Польша  
e-mail: wiewior@wip.pcz.pl

### Abstract

In the work the research concerned with new grades of steels use for drawing products has been shown. The investigations were carried out for steels with TRIP and TWIP effect, which allows to obtaining the material with high values of mechanical properties and good plasticity.

The experimental procedures were concerned with drawing process carried out for two variants, one with small single reductions and second one with large single reductions. The influence of use the scheme of single reduction on mechanical properties of drawn wires has been shown in the work.

### 1. Введение

Интенсивно развивающаяся автотракторная промышленность вызвала необходимость проведения исследований с целью поиска новых видов стали, характеризующихся определенно высоким значением механических свойств, при соблюдении каких-то определенно высоких пластических свойств.

Этим требованиям отвечают стали многофазные AHSS (Advanced High-Strength Steels), к которым можно причислить стали: двухфазные (DP), стали с эффектом TRIP, мартенситные стали формированы горячим способом (HF), стали формированы теплым способом после пластической переработки (PFHT) а также стали с эффектом TWIP [1].

В связи с тем, что в доступной литературе можно найти разработки касающиеся только процессов прокатки и штамповки листового металла из этого вида стали, появилась необходимость проведения исследований касающихся процесса волочения и производства проволок из многофазных стали типа AHSS. В настоящей работе представлено исследования касающиеся двух типа стали: средне углеродной

стали с эффектом TRIP и высокомарганцевой стали типа TWIP.

Высокие механические свойства (прочность и пластичность) стали типа TRIP можно получить благодаря существованию явления добавочной пластичности, во время метастабильного изменения остаточного аустенита в мартенсит, во время пластической деформации (Umwandlungsplastizitat в Wassermann 1937 [2], или Transformation Induced Plasticity (TRIP) в Zackay 1969 [3]) [4].

Высокомарганцевые стали TWIP причисляют к группе аустенитных высоколегированных стали, в состав которых входят между прочем: марганец, кремний и алюминий. Высокие свойства высокомарганцевых сталей TWIP связаны с пластической деформацией на холодно, механическим двойникованием. Это явление называется эффектом TWIP (Twinning Induced Plasticity) [5].

### 2. Исследование стали с эффектом TRIP

Исследования проведено для катанки диаметром  $\phi 6,25$  мм, полученной из стали, которой химической состав представлено в таблице 1.

Таблица 1. Химический состав исследуемой стали

C	Mn	Si	Ni	Cr	Al.	S	Ti	P	N	Mo	Cu	V
0,293	1,430	1,320	0,122	0,100	0,045	0,011	0,009	0,009	0,005	<0,001	<0,001	<0,001

В исследованиях применено катанку, которой диаметр составляет 6,25 мм. Чтобы получить структуру с эффектом TRIP, катанка подвернула термообработке в лабораторных условиях, в нагревательной печи сопротивления фирмы LAC, согласно параметрам установленным в предыдущих исследованиях, благодаря которым возможным является получение в структуре максимального количества остаточного аустенита (около 23%) [6,7].

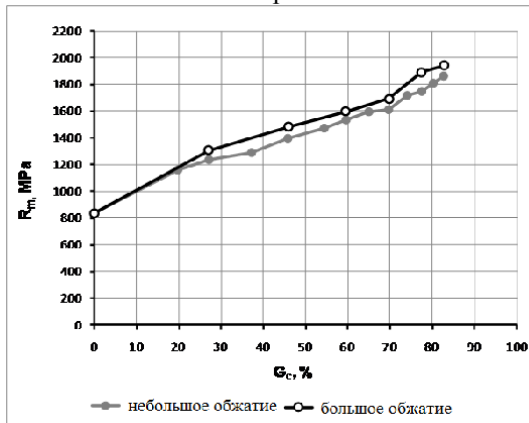
Катанка подвергла процессу волочения, от исходного диаметра 6,25 мм к конечному диаметру

2,60 мм, согласно двум вариантам (вариант 1 – небольшие, частичные обжатия; вариант 2 – большие частичные обжатия), применяя две скорости волочения  $v_1=0,23$  м/с а также  $v_2=1,11$  м/с. Волочение проведено в однобарабанном волочильном стане JP600 при использованию конвенциональных волок при угле  $2\alpha=12^\circ$ .

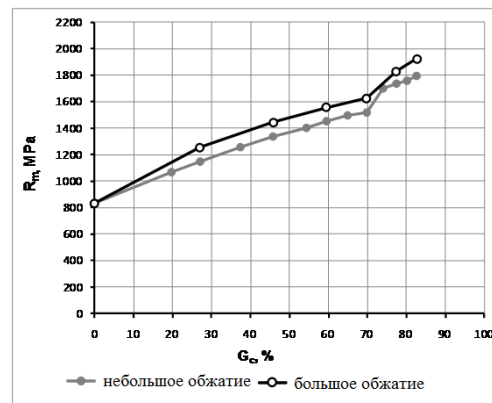
Исследования касающиеся механических свойств проволок из стали с эффектом TRIP проведено в испытательной машине ZWICK/Z100. На чертежах 1 – 3 представлено изменение значения сопротивления растяжению  $R_m$ , изменение

условной границы пластичности  $R_{0,2}$  и коэффициента  $R_{0,2}/R_m$  в функции полного обжатия, для проволок волоченных при небольших и

больших частичных обжатиях, при следующих скоростях волочения  $v=1,11$  м/с и  $v=0,23$

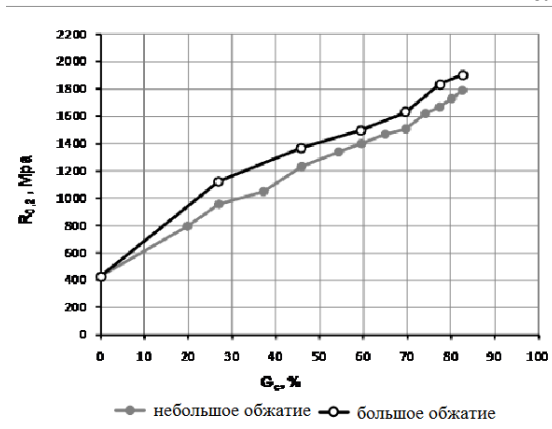


a)

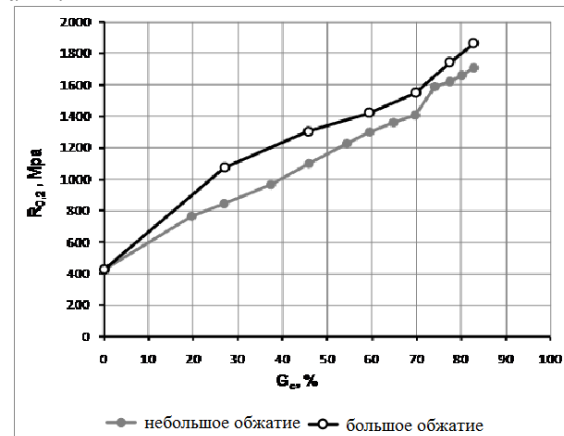


b)

Рис.1. Изменение сопротивления растяжению  $R_m$  проволок из стали TRIP волоченных при небольших и больших частичных обжатиях, при скорости волочения составляющей а) 1,11 м/с, б). 0,23 м/с, в функции полного обжатия.

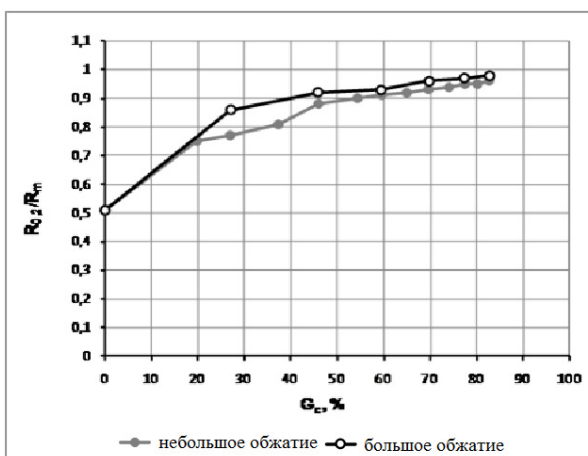


a)

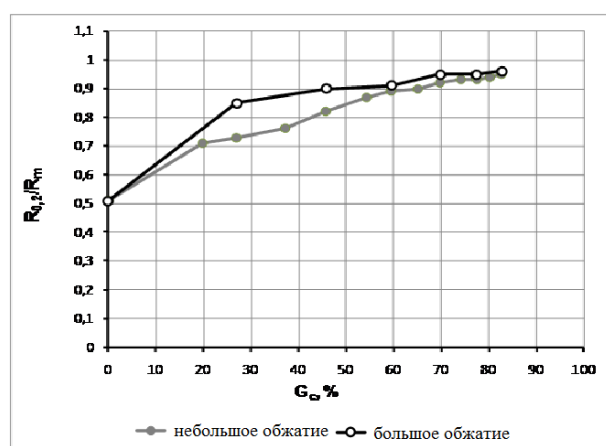


b)

Рис.2. Изменение условной границы пластичности  $R_{0,2}$  проволок из стали TRIP волоченных при небольших и больших частичных обжатиях, при скорости волочения составляющей а) 1,11 м/с, б). 0,23 м/с, в функции полного обжатия.



a)



b)

Рис.3. Изменение коэффициента  $R_{0,2}/R_m$  для проволок из стали TRIP волоченных при небольших и больших частичных обжатиях, при скорости волочения составляющей а) 1,11 м/с, б). 0,23 м/с, в функции полного обжатия.

Анализ результатов изменения сопротивления растяжению ( $R_m$ ), позволяет констатировать, что независимо от скорости

процесса волочения, увеличение значения  $R_m$  для определенных степени деформации было больше в случае процесса при большом значении частичных

обжатий (рис.1). Из этого следует, что после перехода границы полного обжатия, составляющего около 30%, для процесса для которого характерными являются большие частичные обжатия, сопротивление растяжению было на 6% выше, чем в случае процесса волочения при небольших частичных обжатиях.

Следует заметить, что в случае скорости волочения составляющей 0,23 м/с, разницы в значениях  $R_m$  для процесса проведенного при небольших частичных обжатиях, по отношению к процессу веденному при больших частичных обжатиях, составляют для  $G_c=27\%$  около 10%, то есть эти результаты на 5% выше, чем в случае волочения со скоростями 1,11 м/с. Это может быть вызвано большим влиянием изменения остаточного аустенита в мартенсит на упрочнение материала, зависающим в большой степени от скорости деформации.

Анализируя значения условной границы пластичности  $R_{0,2}$  (рис. 2), установлено, что похоже как в случае сопротивления растяжению, эти значения выше для процесса волочения при больших частичных обжатиях. В случае полного обжатия около 30%, разницы в значениях  $R_{0,2}$  для процесса волочения при небольших частичных обжатиях по отношению к процессу волочения при больших частичных обжатиях составляли 15%. Вместе с увеличением деформации, это значение снижается и в случае конечных проволок, при

Таблица 2. Химический состав исследуемой стали, % вес.

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Al	Cu	Nb	Ti	V	N
0,02	2,99	28,6	0,009	0,01	0,12	0.01	0,006	2,54	0,029	0,026	0,006	0,07	0,003

Определено оптимальный вариант термообработки катанки, в котором материал пересыщали в температуре 1100 °С через 10 мин [8].

На эволюцию структуры так и механические свойства деформируемого материала влияет интенсивность и скорость деформации. В процессах волочения, параметром влияющим как на интенсивность так и на скорость деформации является значение примененных обжатий, и поэтому волочение катанки, которой диаметр составляет 5,5 мм, из стали TWIP, проведено опираясь на два варианта, в варианте А - 9 тяг при отдельных обжатиях около 26%, вариант В - 24 тяги при отдельных обжатиях около 11%. В случае обеих вариантов, полное обжатие составляло 93,1%, а диаметр конечных проволок 1,44 мм.

На чертежах 4-6 представлено изменение параметров: условной границы пластичности  $R_{0,2}$ , сопротивления растяжению  $R_m$  и коэффициента  $R_{0,2}/R_m$  в функции полного обжатия для варианта А и В при постоянной скорости волочения  $V_c = 1$  м/с.

полном обжатии составляющим 82,69% составляло 5%.

Чтобы обнаружить подверженность волоочных проволок, пластической деформации, проанализировано изменение коэффициента  $R_{0,2}/R_m$ , который определяет так называемой „запас пластичности” деформируемого материала (рис.3). Чем ниже значение коэффициента, тем материал более чувствителен на влияние пластической деформации.

Значение коэффициента  $R_{0,2}/R_m$  выше в случае процесса волочения при больших частичных обжатиях. Установлено, что в случае процесса волочения при небольших частичных обжатиях и меньшей скорости волочения, значение коэффициента  $R_{0,2}/R_m$  очень резко увеличивается после перехода значения полного обжатия на около 50%, зато для процесса проведенного при больших частичных обжатиях, запас пластичности понижается на 30% от значения полного обжатия (рис. 3b).

### 3. Исследование стали с эффектом TWIP

Во время исследований процесса волочения проволок из высокомагнитной стали типа TWIP применено катанку которой химический состав представлено в таблице 2.

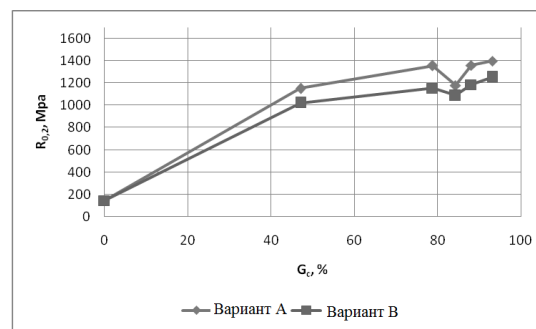


Рис. 4. Изменение условной границы пластичности  $R_{0,2}$  проволок из стали TWIP для варианта А, В в функции полного обжатия.

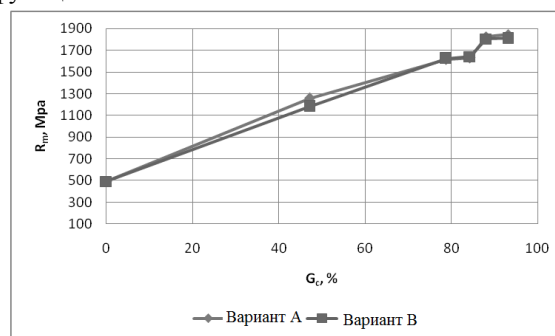


Рис. 5. Изменение сопротивления растяжению  $R_m$  проволок из стали TWIP для вариантов А, В в функции полного обжатия.

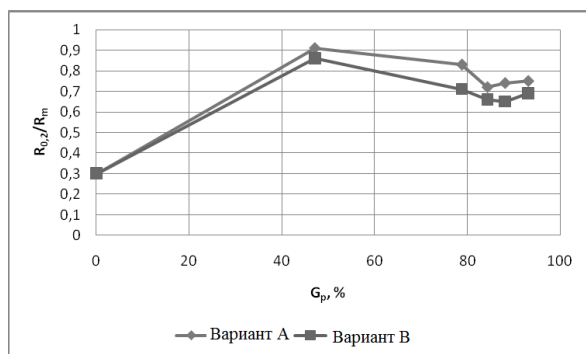


Рис. 6. Изменение коэффициента  $R_{0,2} / R_m$  проволок из стали TWIP для вариантов А, В в функции полного обжатия.

На основании исследований представленных на чертежах 4-6, можно констатировать, что во время процесса примененное отдельное обжатие влияет на прочностные свойства проволок из высокомагнитной стали TWIP.

Применение небольших отдельных обжатий (вариант В) при постоянном значении полной деформации, приводит к резкому снижению условной границы пластичности, составляющему в случае средних конечных проволок  $\phi 1,44$  – около 10%. Ниже полного обжатия  $G_c=47,1\%$  не замечено значительных различий значений условной границы пластичности  $R_{0,2}$  между вариантами. Зато в случае  $G_c=78,8\%$  можно заметить значительное увеличение, то есть около на 15%, значения условной границы пластичности  $R_{0,2}$  для проволок из варианта А по отношению к варианту В.

Конечные проволоки  $\phi 1,44$  мм имели сопротивление растяжению соответственно для варианта А – 1845,32 МПа, для В – 1809,7 МПа. В случае проволок волооченных опираясь на вариант А по отношению к проволокам волооченным опираясь на вариант В, получено небольшое увеличение значения сопротивления растяжения  $R_m$  на около 2%.

Анализ прочностных исследований проволок волооченных опираясь на вариант А и В в функции полного обжатия представленных на чертежах 4-6, обнаружил характер условной границы пластичности. В диапазоне деформации  $78 \div 84 \%$  имело место локальное увеличение пластичности, называемое „деформационным смягчением”.

#### 4. Подведение итогов

Анализ влияния параметров процесса волоочения на механические свойства проволок из стали типа TRIP обнаружил, что для процесса волоочения при больших частичных обжатиях можно заметить быстрое понижение запаса пластичности в диапазоне полного обжатия от 0 до 25%. Это может быть вызвано влиянием упрочнения материала возникающего в материале, вследствие интенсивного изменения остаточного

аустенита в мартенсит, который быстро исчерпывается в процессах веденных при большой скорости и большой интенсивности деформации. Результаты исследований процесса волоочения при небольших частичных обжатиях свидетельствуют о более медленном понижении запаса пластичности, а следовательно более медленном упрочнении материала по мере увеличения деформации.

Проведенные исследования для стали с эффектом TWIP обнаружили влияние значения скорости деформации, определенное значением отдельного обжатия, на механические свойства. Проволоки волоочены при отдельных обжатиях  $G_p = 25,7 \%$  (вариант А) в сравнении с проволоками волооченными при отдельных обжатиях  $G_p = 10,6 \%$  (вариант В), при постоянном значении полной деформации, характеризовались большими прочностными свойствами, то есть  $R_{0,2}$  и  $R_m$  средние для конечных проволок  $\phi 1,44$  мм, на  $2 \div 10 \%$ .

Применение волоочения как процесса пластической обработки на холодно, позволяет получить эффект TWIP в высокомарганцевых сталях, который значительно повышает прочностные свойства проволок.

#### Библиография:

1. Turczyn S., Dziedzic M.: Walcowanie blach karoseryjnych z nowej generacji stali. Hutnik-Wiadomości Hutnicze, 2002, 4, 126-131.
2. Mitter W.: Metallkundlich Technische Reihe 7, Gebr. Borntraeger, Berlin-Stuttgart, 1987.
3. Zackay V.F., Parker E.R., Fahr D., Bush r.: Trans.ASM t.60, 1967, 252.
4. Siodlak D., Kawalla R.: Badania właściwości nowoczesnych blach karoseryjnych ze stali typu TRIP. Hutnik-Wiadomości Hutnicze, 2009, 6, 372-377.
5. Bracke L., Verbeken K., Kestens L., Penning J.: "Microstructure and texture evolution during cold rolling and annealing of a high Mn TWIP steel", Acta Materialia 2009, 57, 1512-1524.
6. Wiewiórowska S.: Określenie parametrów dwustopniowej obróbki cieplnej zapewniających uzyskanie w strukturze końcowej niskowęglowej stali maksymalnej ilości austenitu szcążkowego decydującego o efekcie TRIP, Hutnik – Wiadomości Hutnicze, nr 1, 2009, s. 122-125.
7. Wiewiórowska S.: Analiza teoretyczno-eksperymentalna procesów ciągnięcia nowej generacji drutów ze stali TRIP. Series Monografie no. 18. Częstochowa (2011).
8. Pelka M.: Analiza teoretyczno-eksperymentalna procesu ciągnięcia drutów ze stali TWIP. Politechnika Częstochowska, Częstochowa 2011 (praca doktorska – promotor; Prof. dr hab. inż. Z.Muskalski).